

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05017821  
PUBLICATION DATE : 26-01-93

APPLICATION DATE : 12-07-91  
APPLICATION NUMBER : 03197312

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : KOYASU YOSHIRO;

INT.CL. : C21D 8/00 C21D 6/00 C22C 38/00 C22C 38/12 C22C 38/60

TITLE : PRODUCTION OF INDUCTION HARDENED PARTS MINIMAL IN QUENCHING CRACK

ABSTRACT : PURPOSE: To produce machine parts excellent in torsional strength and minimal in quenching crack by subjecting a billet of a medium carbon steel with a specific composition to heating, forging, and cooling under respectively specified conditions and then performing induction hardening and tempering.

CONSTITUTION: A billet of a medium carbon steel having a composition which contains, by weight, 0.4-0.8% C, 0.25-0.70% Mn, 0.01-0.15% S, 0.015-0.05% Al, 0.003-0.020% N, and further 0.3-1.5% Cr and/or 0.05-0.5% Mo or further contains one or  $\geq 2$  kinds among 0.005-0.04% Ti, 0.005-0.1% Nb, and 0.03-0.3% V and in which the contents of Si, P, B, and O as impurities are limited to  $<0.1\%$ ,  $<0.020\%$ ,  $<0.0005\%$ , and  $<0.002\%$ , respectively, is heated within a temp. rise time of  $\leq 30$ min up to forging temp., forged into the desired shape in a temp. region not higher than  $1000^{\circ}\text{C}$ , and cooled through the temp. region between the forging temp. and  $500^{\circ}\text{C}$  at  $\geq 0.5^{\circ}\text{C/sec}$  average cooling rate. Finally, hardening and tempering are done by using a high frequency current of 30kHz frequency. By this method, a forged part having  $\geq 180\text{kgf/mm}^2$  torsional strength can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-17821

(43) 公開日 平成5年(1993)1月26日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 8/00	B	7412-4K		
6/00	W	9269-4K		
C 2 2 C 38/00	3 0 1 A	7217-4K		
38/12				
38/60				

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-197312

(22) 出願日 平成3年(1991)7月12日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 越智 達朗

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式  
会社室蘭製鐵所内

(72) 発明者 子安 善郎

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式  
会社室蘭製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 椎名 壘 (外1名)

(54) 【発明の名称】 焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、焼き割れを防止しかつ $\tau_{max}$ が $180\text{ kgf/mm}^2$ 以上の優れたねじり強さを有する高周波焼入れ部品の製造方法を提供する。

【構成】 C: 0.4~0.8%, Mn: 0.25~0.70%, Cr: 0.3~1.5%ほか特定組成を含有し、Si、P、B、Oを低減した鋼素材を30分以内の昇温時間で鍛造温度に加熱し、 $1000^{\circ}\text{C}$ 以下のオーステナイト温度域で鍛造後、鍛造温度 $\sim 500^{\circ}\text{C}$ 間を $0.5^{\circ}\text{C/秒}$ 以上の平均冷却速度で冷却し、その後高周波焼入れ-焼戻しを行うことを特徴とする焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量比として、

C:0.4~0.8%、

Mn:0.25~0.70%、

S:0.01~0.15%、

Al:0.015~0.05%、

N:0.003~0.020%、

を含有し、

さらにCr:0.3~1.5%、Mo:0.05~0.5%の1種または2種を含有し、

Si:0.1%以下、P:0.020%以下、B:0.

0005%未満、O:0.002%以下に制限し、残部

が鉄および不可避免の不純物からなる鋼素材を30分以内の昇温時間で鍛造温度に加熱し、1000℃以下のオーステナイト温度域で鍛造後、鍛造温度~500℃間を0.5℃/秒以上の平均冷却速度で冷却し、その後高周波焼入れ-焼戻しを行うことを特徴とする焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法。

【請求項2】 鋼がさらに、

Ti:0.005~0.04%

Nb:0.005~0.1%

V:0.03~0.3%

の1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1記載の焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法にかかわり、さらに詳しくは、機械部品として優れたねじり強さを有し、かつ製造時に焼き割れを起こしにくい高周波焼入れ部品の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車の動力伝達系を構成する軸形状を有する部品は、近年の自動車エンジンの高出力化にともない、これらの部品の高強度化（ねじり強さの向上）の指向が強い。これらの機械部品は、通常中炭素鋼を所定の部品形状に成形加工し、高周波焼入れ-焼戻しを施して製造されている。高周波焼入れ材のねじり強さは、例えば「いすゞ技報、第67号9頁」にみられるように、高周波焼入れ深さを深くするほど向上するが、現状では表面最大せん断応力（以下 $\tau_{max}$ と呼ぶ）は約150kgf/mm<sup>2</sup>が上限である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記した $\tau_{max}=150\text{kgf/mm}^2$ の強さレベルは、自動車の動力伝達系部品の強さレベルとして十分であるとは言えないのが現状である。ここで、高周波焼入れ材では、高強度化にともなって焼き割れが発生しやすくなり、その抑制が現在重要な課題の一つとなっている。そこで、本発明

2

の目的は、焼き割れを防止しかつ $\tau_{max}$ が180kgf/mm<sup>2</sup>以上の優れたねじり強さを有する高周波焼入れ部品の製造方法を提供しようとするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、焼き割れを防止しかつ高周波焼入れにより優れたねじり強さを実現し得る機械部品を実現するために、鋭意検討を行ない次の知見を得た。

(1) 高周波焼入れ材のねじり強さは、高C化と焼入れ性の向上により、顕著に向上する。しかしながら、高C化と焼入れ性を向上させると、焼き割れが発生する危険が大きくなる。

(2) 焼き割れは旧オーステナイト粒界割れを呈しており、焼き割れを防止するためには、次の各点がポイントである。

①粒界偏析元素（P、B）の低減

②主として焼き割れを起こしにくいCr、Moで焼入れ性を確保する。

③フェライト地を強化し焼き割れ感受性を高めるSiを低減する。

④高周波焼入れ後の旧オーステナイト粒径を次の方法の組み合わせにより細粒化する。

・Al等の炭空化物生成元素量とN量を適正制御。

・高周波焼入れの前に1000℃以下のオーステナイト温度域で鍛造し、高周波焼入れの前の組織の微細化をはかる。

(3) なお、高周波焼入れの前の鍛造加熱-冷却時にCr、Moがセメンタイト中にとけ込み、焼入れ性が低下する危険性があるので、鍛造加熱時の昇温および冷却を迅速に行う。

(4) また、Al等の炭空化物生成元素は同時に酸化物系介在物を生成し、焼き割れ感受性を高めるため、酸素量を低減する。

【0005】本発明は以上の新規なる知見にもとづいてなされたものであって、その要旨とするところは、重量比として、

C:0.4~0.8%、

Mn:0.25~0.70%、

S:0.01~0.15%、

Al:0.015~0.05%、

N:0.003~0.020%、

を含有し、

さらにCr:0.3~1.5%、Mo:0.05~0.5%の1種または2種を含有し、

Si:0.1%以下、P:0.020%以下、B:0.0005%未満、O:0.002%以下に制限し、

さらにまたは、Mo:0.5%以下を含有し、さらにまたは、

Ti:0.005~0.04%

Nb:0.005~0.1%

V: 0.03~0.3%

の1種または2種以上を含有し、残部が鉄および不可避の不純物からなる鋼素材を30分以内の昇温時間で鍛造温度に加熱し、1000℃以下のオーステナイト温度域で鍛造後、鍛造温度~500℃間を0.5℃/秒以上の平均冷却速度で冷却し、その後高周波焼入れ-焼戻しを行うことを特徴とする焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製造方法にある。

【0006】

【作用】以下に、本発明を詳細に説明する。最初に、本発明対象鋼として、成分含有範囲を上記の如く限定した理由について説明する。まず、Cは機械部品としての最終製品の強度を増加させるのに有効な元素であるが、0.4%未満では最終製品の強度が不足し、また0.8%を超えるとむしろ最終製品の靱性の劣化を招くので、含有量を0.4~0.8%とした。次に、Mnは焼入れ性の向上を通じて、最終製品の強度を増加させるのに有効な元素であるが、0.25%未満ではこの効果は不十分である。一方、0.7%超では、1000℃以下のオーステナイト温度域での鍛造荷重が顕著に大きくなる。以上の理由でMnの含有量を0.25~0.70%とした。次に、Sは鋼中でMnSとして存在し、被削性の向上および組織の微細化に寄与するが、0.01%未満ではその効果は不十分である。一方、0.15%を超えるとその効果は飽和し、むしろ靱性の劣化及び異方性の増加を招く。以上の理由から、Sの含有量を0.01~0.15%とした。次に、Alは脱酸元素および結晶粒微細化元素として添加するが、0.015%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.05%を超えるとその効果は飽和し、むしろ靱性を劣化させるので、その含有量を0.015~0.05%とした。さらに、NはAINの析出挙動を通じて、オーステナイト粒/フェライト・パーライト組織の微細化に寄与するが、0.003%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.020%超では、その効果は飽和しむしろ靱性の劣化を招くので、その含有量をN: 0.003~0.020%とした。

【0007】次に、本発明では、Cr: 0.3~1.5%、Mo: 0.05~0.5%の1種または2種を含有させる。Cr、Moはともに焼入れ性の向上を通じて、最終製品の強度を増加させるのに有効な元素であるが、Cr: 0.3%未満、Mo: 0.05%未満ではこの効果は不十分である。一方、Cr: 1.5%超、Mo: 0.5%超では、1000℃以下のオーステナイト温度域での鍛造荷重が顕著に大きくなる。以上の理由で成分含有範囲をCr: 0.3~1.5%、Mo: 0.05~0.50%とした。一方、Siは、焼入れ性増加の効果は小さく、逆にフェライト地を強化することによって焼き割れ感受性を高めるとともに、1000℃以下のオーステナイト温度域での鍛造荷重を増加させる元素であ

る。これらの悪影響は0.1%超で特に顕著になるため、0.1%を上限とした。また、P、Bは鋼中で粒界偏析や中心偏析を起こし、焼き割れ、靱性劣化の原因となる。特にP: 0.020%超、B: 0.0005%以上でこれらの悪影響が顕著となるため、P: 0.020%以下、B: 0.0005%未満とした。さらに、OはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物を生成し応力集中サイトとなり、これが焼き割れの原因の一つとなる。O: 0.002%超でこの影響が顕著となるため、0.002%以下とした。

【0008】また本発明においては、粒度調整の目的で、Ti、Nb、Vの1種又は2種以上を必須元素として含有させることが出来る。しかしながら、Ti含有量が0.005%未満、Nb含有量が0.005%未満、V含有量が0.03%未満ではその効果は不十分であり、一方、Ti: 0.040%超、Nb: 0.10%超、V: 0.30%超では、その効果は飽和し、むしろ靱性を劣化させるので、これらの含有量をTi: 0.005~0.040%、Nb: 0.005%~0.1%、V: 0.03~0.3%とした。

【0009】次に、本発明においては、上記の鋼素材を、30分以内の昇温時間で鍛造温度に加熱し、1000℃以下のオーステナイト温度域で鍛造後、鍛造温度~500℃間を0.5℃/秒以上の平均冷却速度で冷却し、その後高周波焼入れ-焼戻しを行うのであるが、製造方法を限定した理由について述べる。高周波焼入れの前に1000℃以下のオーステナイト温度域で鍛造するのは、オーステナイト域での加工再結晶を活用し、高周波焼入れの前の組織の微細化をはかり、高周波焼入れ時の焼き割れを抑制するためである。しかしながら、鍛造温度が1000℃超ではこの効果が小さいので、鍛造温度を1000℃以下とした。ここで、高周波焼入れの前の鍛造加熱-冷却時にCr、Moがセメンタイト中にとけ込み、十分な焼入れ性の確保が困難になる。この現象は昇温時間30分超、および鍛造温度~500℃間の平均冷却速度0.5℃/秒未満で特に顕著になるため、鍛造温度までの昇温時間を30分以内、および鍛造温度~500℃間の平均冷却速度を0.5℃/秒以上とした。以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。

【0010】

【実施例】表1の組成を有する直径50mmφの棒鋼を、表2に示す条件で減面率50%の鍛造を行い、平行部が20mmφのねじり試験片に機械加工した。その後、周波数30KHz、送り速度12mm/秒の条件で高周波焼入れを行い、170℃×1時間の条件で焼戻しを行った。これらの試料についてねじり試験を行った。表3に各鋼材のねじり強さ評価結果を、高周波加熱時の焼き割れの有無とあわせて示す。表3から明らかなように、本発明法による試料はいずれも $\tau_{max}$ が180kg

f/mm<sup>2</sup>以上の優れたねじり強さを有し、かつ焼き割れ感受性が小さいことがわかる。一方、比較例1はCの含有量が本発明の範囲を下回った場合であり、比較例16はMnの含有量が本発明の範囲を下回った場合であり、17はCr、Moの含有量がともに本発明の範囲を下回った場合であり、比較例5、21は鍛造温度までの昇温時間が本発明の範囲を上回った場合であり、比較例8、22は鍛造温度～500℃間の平均冷却速度が本発明の範囲を下回った場合であり、いずれも $\tau_{max}$ が18\*

\*0kgf/mm<sup>2</sup>以上のねじり強さを達成していない。また、比較例10、11、14、15、18はC、P、B、Si、Oの含有量がそれぞれ本発明の範囲を上回った場合であり、比較例12、13はAl、Nの含有量がそれぞれ本発明の範囲を下回った場合であり、さらに比較例4、7は鍛造温度が本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも焼き割れが発生している。

[0011]

[表1]

区分	成分	C	Si	Mn	Cr	Mo	S	Al	N	Si	P	B	O	Ti	Nb	V
比較例	A	0.34	0.55	0.45	—	0.025	0.028	0.010	0.06	0.018	<0.0005	0.0014	—	—	—	—
	B	0.45	0.60	0.53	0.14	0.035	0.043	0.013	0.35	0.016	<0.0005	0.0015	—	—	—	—
	C	0.53	0.53	0.41	—	0.021	0.043	0.008	0.97	0.016	<0.0005	0.0014	—	—	—	—
	D	0.55	0.55	—	0.40	0.041	0.035	0.007	0.95	0.015	<0.0005	0.0016	—	—	—	—
	E	0.74	0.30	0.73	—	0.035	0.037	0.011	0.95	0.013	<0.0005	0.0013	—	—	—	—
本発明法	F	0.35	0.42	0.72	—	0.024	0.035	0.013	0.97	0.014	<0.0005	0.0015	—	—	—	—
	G	0.54	0.53	0.54	—	0.016	0.041	0.010	0.97	0.027	<0.0005	0.0015	—	—	—	—
	H	0.54	0.51	0.51	—	0.045	0.010	0.009	0.97	0.015	<0.0005	0.0016	—	—	—	—
	I	0.55	0.54	—	0.43	0.040	0.032	0.002	0.95	0.013	<0.0005	0.0016	—	—	—	—
	J	0.55	0.55	0.54	—	0.031	0.030	0.007	0.97	0.011	<0.0005	0.0016	—	—	—	—
	K	0.50	0.50	0.55	—	0.078	0.035	0.013	0.24	0.012	<0.0005	0.0013	—	—	—	—
	L	0.45	0.20	0.54	0.25	0.024	0.034	0.012	0.55	0.014	<0.0005	0.0014	—	—	—	—
	M	0.45	0.51	0.15	0.02	0.018	0.045	0.009	0.94	0.015	<0.0005	0.0013	—	—	—	—
	N	0.55	0.54	0.53	—	0.042	0.028	0.012	0.95	0.014	<0.0005	0.0025	—	—	—	—
	O	0.54	0.57	1.23	—	0.025	0.037	0.008	0.95	0.013	<0.0005	0.0017	0.020	—	—	—
本発明法	P	0.55	0.55	1.25	—	0.031	0.028	0.008	0.94	0.015	<0.0005	0.0016	—	0.025	—	—
	Q	0.50	0.54	—	0.34	0.035	0.031	0.005	0.95	0.011	<0.0005	0.0015	—	—	0.13	—
	R	0.55	0.55	0.57	—	0.041	0.034	0.009	0.95	0.010	<0.0005	0.0016	0.012	0.021	—	—
	S	0.55	0.55	0.73	—	0.021	0.045	0.013	0.95	0.014	<0.0005	0.0017	0.013	—	0.10	—
	T	0.75	0.57	0.71	—	0.032	0.028	0.015	0.97	0.013	<0.0005	0.0016	0.012	0.020	0.09	—
	U	0.70	0.54	—	0.28	0.025	0.030	0.011	0.97	0.014	<0.0005	0.0016	0.024	—	—	—
	V	0.53	0.55	0.45	0.20	0.035	0.031	0.013	0.97	0.015	<0.0005	0.0016	—	0.031	—	—
	W	0.53	0.54	0.43	0.17	0.040	0.028	0.010	0.95	0.014	<0.0005	0.0015	0.015	—	0.11	—

[0012]

[表2]

表 2

区分	鍛造条件 No	鍛造温度までの 昇温時間 (分)	鍛造温度 ℃	鍛造温度～500℃間の平均冷却 速度 ℃/秒
本発明法	I	20	900	0.8
本発明法	II	20	800	0.8
比較例	III	20	1100	0.8
"	IV	60	900	0.8
"	V	20	900	0.3

[0013]

[表3]

表 3

区 分	記号	鋼 No	鍛造条件 No	焼割の 有無	ねじり強さ $\tau_{max}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )
比較例	1	A	I	無	153
本発明法	2	B	I	無	184
本発明法	3	C	II	無	193
比較例	4	C	III	有	—
比較例	5	C	IV	無	168
本発明法	6	D	I	無	198
比較例	7	D	III	有	—
比較例	8	D	V	無	172
本発明法	9	E	I	無	205
比較例	10	F	I	有	—
比較例	11	G	I	有	—
比較例	12	H	I	有	—
比較例	13	I	I	有	—
比較例	14	J	I	有	—
比較例	15	K	I	有	—
比較例	16	L	I	無	142
比較例	17	M	I	無	151
比較例	18	N	I	有	—
本発明法	19	O	I	無	198
本発明法	20	P	I	無	189
比較例	21	P	IV	無	171
比較例	22	P	V	無	168
本発明法	23	Q	I	無	192
本発明法	24	R	II	無	195
本発明法	25	S	II	無	195
本発明法	26	T	II	無	203
本発明法	27	U	I	無	201
本発明法	28	V	I	無	185
本発明法	29	W	I	無	186

【0014】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明法を用いれば、 $\tau_{max}$ が180kgf/mm<sup>2</sup>以上の優れたねじり強さを有し、かつ焼き割れの少ない高周波焼入れ部品の製

造が可能であり、近年の自動車エンジンの高出力化を許容し得る動力伝達系部品の製造が可能となり、産業上の効果は極めて顕著なるものがある。

